



⑮ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 101 18 707 A 1**

⑤ Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**G 08 G 1/16**  
B 60 K 28/10  
B 60 T 7/12

⑲ Aktenzeichen: 101 18 707.6  
⑳ Anmeldetag: 12. 4. 2001  
㉑ Offenlegungstag: 17. 10. 2002

DE 101 18 707 A 1

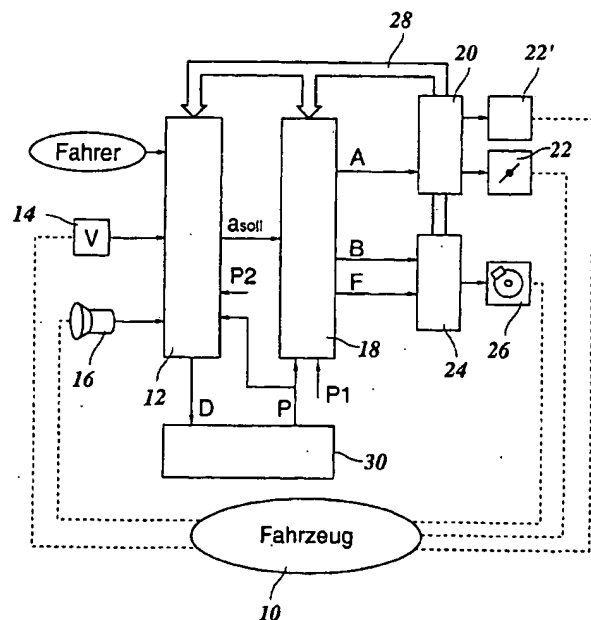
⑦ Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

⑧ Erfinder:  
Mattes, Bernhard, 74343 Sachsenheim, DE; Doden,  
Berend-Wilhelm, 71638 Ludwigsburg, DE; Moritz,  
Rainer, 70794 Filderstadt, DE; Wagner, Jochen,  
71696 Möglingen, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤ Verfahren zur Kollisionsverhinderung bei Kraftfahrzeugen

⑤ Verfahren zur Kollisionsverhinderung bei Kraftfahrzeugen (10), bei dem vor dem Fahrzeug befindliche Hindernisse mit einem fahrzeugeigenen Ortungssystem (16) erfaßt werden, aus den Ortungsdaten (D) eine Kollisionswahrscheinlichkeit (P) berechnet wird und in Abhängigkeit von der Kollisionswahrscheinlichkeit (P) eine oder mehrere abgestufte Reaktionen zur Vermeidung der Kollision ausgelöst werden, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine der Reaktionen eine vorbereitende Maßnahme ist, die die Umsetzung eines eventuell später ausgegebenen Befehls (B) zur Verzögerung des Fahrzeugs beschleunigt, ohne selbst eine wesentlichen fahrzeugverzögernde Wirkung zu haben.



DE 101 18 707 A 1

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Kollisionsverhinderung bei Kraftfahrzeugen, bei dem vor dem Fahrzeug befindliche Hindernisse mit einem fahrzeugeigenen Ortungssystem erfaßt werden, aus den Ortungsdaten eine Kollisionswahrscheinlichkeit berechnet wird und in Abhängigkeit von der Kollisionswahrscheinlichkeit eine oder mehrere abgestufte Reaktionen zur Vermeidung der Kollision ausgelöst werden.

## Stand der Technik

[0002] Das Verfahren ist insbesondere für den Einsatz in Verbindung mit einem System zur adaptiven Geschwindigkeits- und Abstandsregelung bei Kraftfahrzeugen vorgesehen, wie es in der Veröffentlichung "Adaptive Cruise Control System-Aspects and Development Trends" von Winner, Witte, Uhler und Lichtenberg, Robert Bosch GmbH, in SAE Technical Paper Series 961010, International Congress & Exposition, Detroit, 26–29 Februar 1996, beschrieben wird. Das in dieser Veröffentlichung beschriebene Regelsystem, das auch als ACC-System (Adaptive Cruise Control) bezeichnet wird, basiert auf einem Abstandssensor, beispielsweise einem mehrzielfähigen Radarsensor, der an der Frontseite des Fahrzeugs angebracht ist, um Abstände und Relativgeschwindigkeiten zu vorausfahrenden Fahrzeugen zu messen. In Abhängigkeit von den Meßdaten dieses Radarsensors wird dann die Geschwindigkeit des eigenen Fahrzeugs so geregelt, daß zu dem unmittelbar vorausfahrenden Fahrzeug ein vorbestimmter Abstand eingehalten wird, den der Fahrer in der Form einer sogenannten Sollzeitlücke bestimmen kann. Wenn sich kein vorausfahrendes Fahrzeug im Ortungsbereich des Radars befindet, erfolgt eine Regelung auf eine vom Fahrer eingestellte Wunschgeschwindigkeit.

[0003] Normalerweise greift dieses System beispielsweise über eine Drosselklappe in das Antriebssystem des Fahrzeugs ein, so daß die Fahrzeuggeschwindigkeit über das Antriebsdrehmoment des Motors geregelt wird. Wenn jedoch beispielsweise auf Gefällstrecken oder, wenn abstandsbedingt eine stärkere Verzögerung des Fahrzeugs erforderlich ist, das Schleppmoment des Motors nicht ausreicht, eine ausreichende Verzögerung des Fahrzeugs zu bewirken, so erfolgt ein Eingriff in das Bremssystem des Fahrzeugs.

[0004] In der DE 36 37 165 A1 wird ein Verfahren der eingangs genannten Art beschrieben, bei dem aus den erfaßten Ortungsdaten die relative Annäherungsgeschwindigkeit des Objektes, von dem die Kollisionsgefahr ausgeht, die theoretische Zeitspanne bis zum Aufprall ohne Reaktion und die momentan erforderliche Fahrzeugverzögerung zur sicheren Verhinderung des Aufpralls berechnet werden und unter der Berücksichtigung der möglichen Bremsverzögerung des Fahrzeugs ein ausreichender Sicherheitsabstand bestimmt wird. Das Ausmaß der Unterschreitung dieses Sicherheitsabstands stellt dann ein Maß für die Kollisionswahrscheinlichkeit dar. In Abhängigkeit von der so ermittelten Kollisionswahrscheinlichkeit erfolgt dann eine Reaktion in drei Stufen. In Stufe 1 wird lediglich ein akustisches oder optisches Warnsignal für den Fahrer ausgegeben. In Stufe 2 erfolgt ein automatischer Eingriff in das Bremssystem mit zuvor berechneter Bremskraft. In Stufe 3 wird schließlich ein Bremsvorgang mit maximaler Bremskraft ausgelöst.

[0005] Bei diesen Verfahren erweist sich jedoch aufgrund der unvermeidlichen Unsicherheit bei der Abschätzung der Kollisionsgefahr insbesondere die Festlegung der Kriterien für die Auslösung der Stufe 2 als problematisch. Wird die Schwelle für die Auslösung dieser Stufe zu hoch angesetzt,

so können Kollisionen nicht sicher vermieden werden. Bei einer Verringerung dieser Schwelle steigt jedoch die Wahrscheinlichkeit, daß es aufgrund einer falschen Beurteilung der Kollisionsgefahr zu unnötigen und aus der Sicht der Fahrers unmotivierten Bremsmanövern kommt, die den Komfort und das Sicherheitsgefühl der Fahrzeuginsassen beeinträchtigen, den Nachfolgeverkehr irritieren oder gar ihrerseits der Auslöser für Auffahrunfälle im Nachfolgeverkehr sind.

## Aufgabe, Lösung und Vorteile der Erfindung

[0006] Aufgabe der Erfindung ist es, bei Beibehaltung einer hohen Kollisionsicherheit die Häufigkeit von unnötigen Fahrzeugverzögerungen zu reduzieren.

[0007] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß mindestens eine der Reaktionen eine vorbereitende Maßnahme ist, die die Umsetzung eines eventuell später ausgegebenen Befehls zur Verzögerung des Fahrzeugs beschleunigt, ohne selbst eine wesentliche fahrzeugverzögernde Wirkung zu haben.

[0008] Die Erfindung beruht auf der Überlegung, daß zwischen der Ausgabe eines Befehls, der eine Verringerung der Fahrzeuggeschwindigkeit zum Ziel hat, und dem tatsächlichen Einsetzen der Fahrzeugverzögerung stets eine systembedingte Reaktionszeit vergeht. Statt nun diese Reaktionszeit durch eine entsprechend frühere Ausgabe des Befehls zu kompensieren, werden erfindungsgemäß zunächst vorbereitende Maßnahmen ergriffen, die zu einer Verkürzung dieser Reaktionszeit führen. Wenn sich dann der Verdacht der Kollisionsgefahr bestätigt und tatsächlich ein Eingriff im Sinne einer Verzögerung des Fahrzeugs erforderlich wird, so kann die gewünschte Verzögerung des Fahrzeugs unverzüglich einsetzen. Wenn sich der Verdacht hingegen nicht bestätigt, so kann die vorbereitende Maßnahme wieder rückgängig gemacht werden, ohne daß es zu einer unnötigen Fahrzeugverzögerung kommt. In diesem Fall bleiben die vorsorglich ergriffenen Maßnahmen vom Fahrer und den übrigen Fahrzeuginsassen sowie vom Nachfolgeverkehr praktisch unbemerkt.

[0009] Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0010] Ein wesentlicher Anteil der Reaktionszeit, die zwischen der Auslösung eines Bremsbefehls und dem tatsächlichen Wirksamwerden der Fahrzeugbremse vergeht, ist auf unvermeidliche Totvolumina im Hydrauliksystem der Bremsanlage zurückzuführen. Diese Totvolumina müssen erst mit Bremsflüssigkeit gefüllt werden, bevor die Bremsbeläge mit den Bremsscheiben oder Bremstrommeln der Radbremsen in Reibberührung kommen und die Bremse wirksam wird. Die für das Befüllen der Totvolumina benötigte Zeit beträgt bei bekannten Bremsanlagen etwa 200 bis 300 ms. Bei einer Fahrgeschwindigkeit von etwa 30 m/s (108 km/h) entspricht dies einer Verlängerung des Anhalteweges um bis zu 9 m.

[0011] Bei Antriebsschlupfregelsystemen und vergleichbaren Systemen, bei denen ebenfalls unter bestimmten Bedingungen ein fahrerunabhängiger Bremseneingriff erfolgt, ist es bereits bekannt, diese Totzeit dadurch zu vermeiden oder zu verkürzen, daß schon vor dem eigentlichen Bremseneingriff ein Befehl zum Vorbefüllen oder "Vorspannen" der Bremsanlage erzeugt wird (DE 196 15 294 A1).

[0012] In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird nun ein solcher Befehl zum Vorspannen der Bremsanlage in Abhängigkeit von der errechneten Kollisionswahrscheinlichkeit erzeugt. Auf diese Weise wird das Fahrzeug bei mittlerer Kollisionsgefahr in einen Zustand erhöhter Bremsbereitschaft versetzt, so daß, wenn sich die

Kollisionsgefahr bestätigt und ein Bremseingriff erforderlich wird, die Bremswirkung wesentlich rascher einsetzt.

[0013] Unter "Vorspannen" des Bremssystems soll hier allgemein eine Maßnahme verstanden werden, die das Bremssystem in einen Zustand versetzt, in dem es schneller auf einen Bremsbefehl reagieren kann, ohne daß bereits eine wesentliche Bremswirkung eintritt. Dieses Vorspannen kann beispielsweise dadurch geschehen, daß in den Radbremszylindern und/oder in den Komponenten des Hydrauliksystems, die diesen unmittelbar vorgelagert sind, schon ein gewisser Bremsdruckaufbau erfolgt, so daß sich die Bremsbacken bereits an die Bremsscheibe oder -trommel der Radbremse annähern oder diese gar schon berühren, ohne daß jedoch schon eine nennenswerte Reibungskraft ausgeübt wird. Alternativ oder zusätzlich kann das Vorspannen auch dadurch bewirkt werden, daß in einem Druckakkumulator oder in einem Bremskraftverstärker ein gewisser Vordruck bereitgestellt wird, der bei tatsächlicher Betätigung der Bremse ein schnelleres Auffüllen des Totvolumens ermöglicht.

[0014] Bei Fahrzeugen mit ACC-System, bei denen auch ein Eingriff in die Bremsanlage vorgesehen ist, muß generell eine Umschaltung vorgenommen werden zwischen Motorbetrieb, bei dem die positive oder negative Beschleunigung des Fahrzeugs allein durch das Antriebsdrehmoment bzw. Schleppmoment des Motors erzeugt wird, und Bremsbetrieb, bei dem die Fahrzeugverzögerung durch Aktivieren der Bremse bewirkt wird. Um ein "flackerndes" Umschalten zwischen Motorbetrieb und Bremsbetrieb zu vermeiden, ist es hier zweckmäßig, die Umschaltung in Abhängigkeit von einem Beschleunigungsanforderungssignal mit einer gewissen Hysterese vorzunehmen. Die Umschaltung von Motorbetrieb auf Bremsbetrieb erfolgt dann, wenn das Beschleunigungsanforderungssignal einen niedrigen Schwellenwert unterschreitet, während das Zurückschalten auf Motorbetrieb erfolgt, wenn das Beschleunigungsanforderungssignal wieder einen höheren Schwellenwert überschreitet, der der mit dem Schleppmoment des Motors erzeugbaren Fahrzeugverzögerung entspricht. Diese an sich erwünschte Hysterescharakteristik hat allerdings zur Folge, daß der Bremseingriff erst mit einer gewissen Verspätung erfolgt, nämlich erst dann, wenn das Beschleunigungsanforderungssignal den niedrigeren Schwellenwert erreicht. Eine "vorbereitende Maßnahme" im Sinne der Erfindung kann deshalb auch darin bestehen, daß bei mittlerer Kollisionsgefahr das Hysteresintervall verkleinert und vorzugsweise ganz auf null zurückgeführt wird, so daß der Bremsbefehl unverzüglich erzeugt wird, wenn das Schleppmoment des Motors nicht mehr ausreicht, die notwendige Fahrzeugverzögerung zu bewirken.

[0015] Bei Fahrzeugen mit Automatikgetriebe besteht eine denkbare vorbereitende Maßnahme weiterhin darin, daß bei mittlerer Kollisionsgefahr automatisch – ohne unmittelbare Änderung der Sollbeschleunigung – auf eine niedrigere Getriebestufe zurückgeschaltet wird, so daß schon im Motorbetrieb ein größeres Schleppmoment des Motors für die Fahrzeugverzögerung zur Verfügung steht. Diese Maßnahme hat zugleich den Vorteil, daß auf eine vorübergehende Störung im Verkehrsfluß in vielen Fällen ohne Bremseingriff reagiert werden kann, so daß der Nachfolgeverkehr nicht durch ein Bremslichtflackern irritiert wird, und daß nach Beseitigung der Störung schneller wieder auf die Wunschgeschwindigkeit beschleunigt werden kann.

[0016] All diese Maßnahmen können miteinander kombiniert und bei demselben Schwellenwert oder wahlweise auch bei unterschiedlichen Schwellenwerten der Kollisionswahrscheinlichkeit ausgelöst werden.

[0017] Im folgenden wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand der Zeichnung näher erläutert.

5 [0018] Es zeigen:

[0019] Fig. 1 ein Blockdiagramm eines ACC-Systems eines Kraftfahrzeugs, das für die Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ausgebildet ist;

10 [0020] Fig. 2 ein Zeitdiagramm von Signalen, die in dem ACC-System nach Fig. 1 auftreten; und

[0021] Fig. 3 ein Zeitdiagramm entsprechend Fig. 2 für den Fall, daß durch eine erhöhte Bremsbereitschaft auf eine erkannte Kollisionsgefahr reagiert wird.

#### 15 Beschreibung eines Ausführungsbeispiels

[0022] In Fig. 1 ist symbolisch ein Kraftfahrzeug 10 gezeigt, dessen Geschwindigkeit mit Hilfe eines ACC-Systems geregelt wird. Ein Regler 12 erhält von einem Geschwindigkeitssensor 14 ein Signal, das die Istgeschwindigkeit des Fahrzeugs angibt. Weiterhin ist vorn am Fahrzeug ein Ortungsgerät, im gezeigten Beispiel ein Radarsensor 16 angebaut, der Abstands- und Relativgeschwindigkeitsdaten von georteten, vor dem Fahrzeug befindlichen Objekten an den Regler 12 meldet. Vorzugsweise hat der Radarsensor 16 ein gewisses Winkelaufhebungsvermögen, so daß auch die Azimutwinkel der georteten Objekte erfaßt und an den Regler 12 gemeldet werden können. Auf diese Weise ist es dem Radarsystem und/oder dem Regler 12 möglich, vorausfahrende Fahrzeuge auf der eigenen Fahrspur von Fahrzeugen auf anderen Fahrspuren sowie von Standzielen am Fahrbahnrand zu unterscheiden. Wenn sich vorausfahrende Fahrzeuge auf der eigenen Fahrspur befinden, so wird das unmittelbar vorausfahrende Fahrzeug als Zielobjekt ausgewählt, und die Geschwindigkeit des Kraftfahrzeugs 10 wird so geregelt, daß ein bestimmter Sollabstand zu dem vorausfahrenden Fahrzeug eingehalten wird. Dieser Sollabstand ist vom Fahrer wählbar durch Eingabe einer Sollzeitlücke, die den zeitlichen Abstand angibt, in dem das vorausfahrende Fahrzeug und das eigene Fahrzeug denselben Punkt auf der Fahrbahn passieren. Der Sollabstand wird somit dynamisch an die jeweilige Fahrgeschwindigkeit angepaßt.

[0023] Wenn die Fahrbahn vor dem eigenen Fahrzeug frei ist, so erfolgt, falls der Fahrer einen entsprechenden Befehl gegeben hat, eine Regelung auf eine vom Fahrer gewählte Wunschgeschwindigkeit.

[0024] Darüber hinaus wertet der Regler 12 auch Bedienungsbefehle sowie Fahrbefehle des Fahrers aus, insbesondere den Grad der Betätigung des Gaspedals und ggf. des Bremspedals. Der Fahrer hat somit jederzeit die Möglichkeit, aktiv in das Geschehen einzugreifen, um in kritischen Fahrsituationen angemessen zu reagieren.

[0025] Im Regler 12 sind somit verschiedene Regelungs- und Steuerungsstrategien implementiert, und je nach Fahrsituation oder Befehlen des Fahrers werden ein oder mehrere Regelstrategien ausgewählt, und ihre Ergebnisse werden, wie im Stand der Technik bekannt ist, in geeigneter Weise zu einem Beschleunigungsanforderungssignal  $a_{\text{soll}}$  verknüpft, das die augenblickliche Sollbeschleunigung des Fahrzeugs angibt.

[0026] Eine Entscheidungseinheit 18 entscheidet anhand des Beschleunigungsanforderungssignals  $a_{\text{soll}}$ , ob ein Eingriff in das Antriebssystem oder in das Bremssystem des Fahrzeugs erforderlich ist. Bei positiven Werten des Beschleunigungsanforderungssignals erfolgt ein Eingriff in das Antriebssystem. In diesem Fall wird ein Stellbefehl A an ein elektronisches Motorsteuersystem 20 ausgegeben, das über verschiedene Aktoren, hier symbolisiert durch eine

Drosselklappe 22, auf den Motor und ggf. das Getriebe 22' des Kraftfahrzeugs 10 einwirkt. Allgemein können die Funktionen des Motorsteuersystems 20 die Steuerung der Drosselklappe 22, die Steuerung des Kraftstoff-Einspritzsystems, der Zündung und anderer Komponenten des Antriebssystems des Fahrzeugs umfassen. Im Fall eines Fahrzeugs mit Automatikgetriebe kann dazu auch die Wahl der Getriebestufe gehören. Anhand des Stellbefehls A und der aktuellen Betriebsparameter des Motors steuert das Motorsteuersystem 20 den Motor so an, daß ein dem Beschleunigungsanforderungssignal entsprechendes Antriebsdrehmoment des Motors erzeugt wird.

[0027] Wenn das Beschleunigungsanforderungssignal  $a_{\text{soll}}$  negative Werte annimmt, so wird zunächst durch das Motorsteuersystem 20 der Motor gedrosselt, so daß das Schleppmoment des Motors zur Verzögerung des Fahrzeugs ausgenutzt wird. Wenn jedoch die Entscheidungseinheit 18 feststellt, daß die so erzielbare Fahrzeugverzögerung nicht ausreicht, die Istbeschleunigung des Fahrzeugs mit der durch  $a_{\text{soll}}$  repräsentierten Sollbeschleunigung in Übereinstimmung zu halten, so wird durch die Entscheidungseinheit 18 auf Bremsbetrieb umgeschaltet. In diesem Fall bleibt der Motor gedrosselt, und die Entscheidungseinheit 18 liefert einen Stellbefehl B an ein Brems-Steuersystem 24 des Fahrzeugs. Das Brems-Steuersystem 24 steuert über die hydraulische Bremsanlage des Fahrzeugs die Funktion der an den einzelnen Rädern angeordneten Bremsen 26 und erfüllt beispielsweise die Funktion eines Antiblockiersystems, eines Antriebsschlupfregelsystems und/oder eines ESP-Systems zur dynamischen Stabilisierung des Fahrzeugs.

[0028] Die hydraulische Bremsanlage des Fahrzeugs ist aus Gründen der Ausfallsicherheit direkt mit dem Bremspedal des Fahrzeugs gekoppelt und enthält mindestens einen Druckerzeuger oder Booster, der die vom Fahrer über das Bremspedal ausgeübte Bremskraft verstärkt. Im Rahmen der Antriebsschlupfregelung oder des ESP-Systems ist der Druckerzeuger auch in der Lage, unabhängig von der Betätigung des Bremspedals einen Bremsdruck aufzubauen und die Bremsen 26 zu betätigen. Ebenso löst auch der von der Entscheidungseinheit 18 übermittelte Stellbefehl B eine Betätigung der Bremse mit fester oder variabler Bremskraft aus.

[0029] Wenn bei unbetätigter Fahrzeugbremse und drucklosen Radbremszylindern der Stellbefehl B ausgegeben wird, so müssen zunächst die unvermeidlich in der hydraulischen Bremsanlage und insbesondere in den Radbremszylindern vorhandenen Totvolumina mit Bremsflüssigkeit aufgefüllt werden, bevor es tatsächlich zu einem Reibschluß zwischen den Bremsbacken und den Bremstrommeln oder Bremsscheiben kommt und die Bremse wirksam wird. Um die für das Auffüllen dieser Totvolumina benötigte Zeit zu verkürzen, weist das Brems-Steuersystem 24 eine Funktion auf, die es gestattet, eine Vorbefüllung der Bremsanlage zu veranlassen. Bei diesem Vorgang, der hier als "Vorspannen" bezeichnet werden soll, wird die Bremsanlage so weit unter Druck gesetzt, daß die Totvolumina aufgefüllt werden und die Bremsbeläge dicht an die Bremsscheiben oder Bremstrommeln heranrücken oder diese sogar schon leicht berühren. Im letzteren Fall wird ein geringfügiger Verschleiß an der Bremse in Kauf genommen.

[0030] Diese Vorspannfunktion kann nicht nur innerhalb des Brems-Steuersystems 24 ausgelöst werden, sondern sie kann auch extern durch ein entsprechendes Füllsignal ausgelöst werden, das in der Form eines Flags F von der Entscheidungseinheit 18 ausgegeben wird. Je nach Zustand der Bremsanlage bewirkt somit das Setzen des Flags F, daß von der Brems-Steuerereinheit 24 ein Vorbefüllen der Bremsanlage ausgelöst wird. Wird das Flag F wieder zurückgesetzt,

so wird dieser Vorbefüllvorgang von der Brems-Steuerereinheit 24 rückgängig gemacht, sofern nicht inzwischen eine tatsächliche Aktivierung der Bremse durch den Stellbefehl B erfolgt ist.

5 [0031] Die Parameter, die den Zustand des Motors und der Bremsanlage des Fahrzeugs kennzeichnen, sind in dem Antriebsssteuersystem 20 bzw. dem Brems-Steuersystem 24 verfügbar und können über einen Datenbus 28 (CAN-Bus) an andere Systemkomponenten des Fahrzeugs übermittelt werden, so daß sie im Bedarfsfall auch für eine Auswertung im Regler 12 und in der Entscheidungseinheit 18 zur Verfügung stehen.

[0032] Die durch den Eingriff in das Antriebssystem oder das Bremssystem des Fahrzeugs verursachten Änderungen der Fahrzeugbeschleunigung führen zu entsprechenden Änderungen der Fahrzeuggeschwindigkeit und des Abstands zum vorausfahrenden Fahrzeug und werden über den Geschwindigkeitssensor 14 und den Radarsensor 16 zurückgekoppelt.

20 [0033] Ein Kollisionswächter 30 erhält vom Regler 12 innerhalb jedes Regelzyklusses von beispielsweise 1 ms einen Satz von Daten D, die eine Abschätzung der Kollisionswahrscheinlichkeit ermöglichen. Beispielsweise umfassen diese Daten für jedes vom Radarsensor 16 erfaßte Objekt den Abstand des eigenen Fahrzeugs zu diesem Objekt, die Relativgeschwindigkeit zwischen Objekt und eigenem Fahrzeug, den Azimutwinkel des Objekts relativ zur Geradeaus-Richtung des eigenen Fahrzeugs und/oder den daraus berechneten Querversatz des Objekts relativ zum Fahrzeug sowie die vom Geschwindigkeitssensor 14 gemessene Fahrzeuggeschwindigkeit und den von einem nicht gezeigten Lenkwinkelsensor gemessenen Lenkeinschlag des eigenen Fahrzeugs. Aus diesen Daten errechnet der Kollisionswächter 30 zunächst für jedes erfaßte Objekt eine Kollisionswahrscheinlichkeit, die um so größer ist, je kleiner der Abstand des Objekts ist, je größer der Betrag der (negativen) Relativgeschwindigkeit ist und je kleiner der Querversatz des Objektes ist. Aus den so erhaltenen Kollisionswahrscheinlichkeiten für die einzelnen Objekte wird beispielsweise durch Maximumauswahl eine Kollisionswahrscheinlichkeit P gebildet, die an die Entscheidungseinheit 18 und an den Regler 12 übermittelt wird.

[0034] Die Entscheidungseinheit 18 und der Regler 12 vergleichen die Kollisionswahrscheinlichkeit P mit mehreren voreingestellten Schwellenwerten P1, P2, bei deren Überschreitung jeweils eine bestimmte Reaktion ausgelöst wird. Im hier betrachteten Beispiel soll angenommen werden, daß bei Überschreitung eines ersten Schwellenwertes P1, der einer mittleren Kollisionswahrscheinlichkeit entspricht, das Flag F gesetzt wird, um das Fahrzeug in einen Zustand erhöhter Bremsbereitschaft zu versetzen. Die Überschreitung des höheren zweiten Schwellenwertes P2 bedeutet akute Kollisionsgefahr und führt zur Auslösung eines Bremsvorgangs.

55 [0035] Unter Bezugnahme auf Fig. 2 soll nun zunächst die Funktionsweise des in Fig. 1 gezeigten Regelsystems ohne Berücksichtigung der Funktion des Kollisionswächters 30 erläutert werden.

[0036] In Fig. 2 zeigt die Kurve 32 im oberen Teil des Diagramms ein Beispiel für den zeitlichen Verlauf des Beschleunigungssignals  $a_{\text{soll}}$ , das vom Regler 12 ausgegeben wird. Ein Beschleunigungswert  $a_{\text{min}}$  repräsentiert die kleinstmögliche (negative) Beschleunigung, die unter den aktuellen Betriebsbedingungen mit dem Schleppmoment des Motors erzeugbar ist. Die Ausgabe des Stellbefehls B und damit die Umschaltung auf Bremsbetrieb erfolgt jedoch erst, wenn  $a_{\text{soll}}$  zur Zeit  $t_2$  einen etwas kleineren Wert  $a_{\text{hys}}$  unterschreitet. Das Zurückschalten auf Motorbetrieb erfolgt

dagegen zu dem Zeitpunkt  $t_3$ , an dem das Beschleunigungsanforderungssignal  $a_{\text{sol}}$  wieder größer wird als  $a_{\text{min}}$ . Durch diese Hysteresefunktion wird vermieden, daß die Entscheidungseinheit 18 "flackernd" zwischen Bremsbetrieb und Motorbetrieb umschaltet. Das Hystereseintervall  $a_{\text{min}} - a_{\text{hys}}$  ist jedoch nicht statisch, sondern wird dynamisch variiert. Von dem Augenblick an, an dem das Beschleunigungsanforderungssignal  $a_{\text{sol}}$  den Wert  $a_{\text{min}}$  unterschreitet, wird das Hystereseintervall mit konstanter Änderungsrate auf 0 verringert, so daß  $a_{\text{hys}}$  sich dem Wert  $a_{\text{min}}$  annähert. So wird erreicht, daß zwar eine kurzzeitige Unterschreitung von  $a_{\text{min}}$  toleriert wird, doch wenn diese Unterschreitung länger anhält, kommt es durch die Anhebung der Auslöseschwelle  $a_{\text{hys}}$  doch zu einer Umschaltung auf Bremsbetrieb (im gezeigten Beispiel zur Zeit  $t_2$ ).

[0037] In Fig. 2 ist weiterhin ein Schwellenwert TH angegeben, der um einen festen Betrag  $\Delta a$  größer ist als  $a_{\text{hys}}$ . Wenn  $a_{\text{sol}}$  zur Zeit  $t_1$  diesen Schwellenwert TH unterschreitet, so wird das Flag F gesetzt und damit das Vorbeifüllen der Bremsanlage eingeleitet. Die Zeit  $\tau$ , die für die Vorbeifüllung der Bremsanlage benötigt wird, beträgt je nach Bauart etwa 200 bis 300 ms. Der Regler 12 ist so ausgebildet, daß die zeitliche Änderungsrate des Beschleunigungssignals  $a_{\text{sol}}$  nach unten beschränkt ist, z. B. gilt:  $d/dt(a_{\text{sol}}) > -1,0 \text{ m/s}^3$ . Damit die Vorbeifüllung der Bremsanlage in der Zeitspanne zwischen  $t_1$  und  $t_2$  abgeschlossen werden kann, muß deshalb gelten:  $\Delta a > |\tau \cdot d/dt(a_{\text{sol}})|$ . Im hier angenommenen Beispiel wäre deshalb  $\Delta a = 0,35 \text{ m/s}^2$  ein geeigneter Wert, um den der Schwellenwert TH über der Auslöseschwelle  $a_{\text{hys}}$  liegen sollte.

[0038] Wenn das Beschleunigungsanforderungssignal  $a_{\text{sol}}$  unter die Auslöseschwelle  $a_{\text{hys}}$  sinkt und die Bremse tatsächlich ausgelöst wird, so wird das Flag F wieder zurückgesetzt. Falls  $a_{\text{sol}}$  die Auslöseschwelle  $a_{\text{hys}}$  nicht erreicht, wird das Flag F spätestens nach Ablauf einer vorgegebenen Zeitspanne  $\Delta T$  zurückgesetzt, die durch das Signal T eines Zeitgebers bestimmt wird. Der Zeitgeber wird gestartet, wenn  $a_{\text{sol}}$  den Schwellenwert TH erreicht (bei  $t_1$ ), und das Signal T fällt dann nach Ablauf der vorgegebenen Zeitspanne  $\Delta T$  wieder ab. Mit der abfallenden Flanke wird auch das Flag F wieder zurückgesetzt, falls es dann noch aktiv ist. Dieser Fall ist in Fig. 2 bei dem Signalverlauf des Flags F gestrichelt eingezeichnet.

[0039] Im gezeigten Beispiel steigt das Beschleunigungsanforderungssignal  $a_{\text{sol}}$  zur Zeit  $t_3$  wieder über  $a_{\text{min}}$  an, und zu diesem Zeitpunkt schaltet die Entscheidungseinheit 18 wieder auf Motorbetrieb um, so daß der an das Brems-Steuer-system 24 ausgegebene Stellbefehl B wieder abfällt. Zu diesem Zeitpunkt wird das Flag F erneut gesetzt. Falls das Beschleunigungsanforderungssignal wieder unter  $a_{\text{min}}$  sinkt, ohne zwischendurch den Schwellenwert TH zu erreichen, kann somit die Bremse wieder ohne Verzögerung aktiviert werden. Erst wenn das Beschleunigungsanforderungssignal  $a_{\text{sol}}$  wieder über den (nun erhöhten) Schwellenwert TH angestiegen ist (zur Zeit  $t_4$ ) oder wenn erneut die Zeitspanne  $\Delta T$  abgelaufen ist, wird das Flag F wieder zurückgesetzt, und der vorgespannte Zustand der Bremsanlage wird aufgehoben.

[0040] In Fig. 3 ist der Fall illustriert, daß die vom Kollisionswächter 30 gelieferte Kollisionswahrscheinlichkeit P zu einem Zeitpunkt  $t_1$  den ersten Schwellenwert P1 überschreitet. Beispielsweise kann dieser Anstieg der Kollisionswahrscheinlichkeit P dadurch verursacht sein, daß ein auf der Nachbarspur fahrendes langsames Fahrzeug nicht mehr seine Spur hält und sich bedenklich der eigenen Fahrspur annähert. Da dies noch nicht dazu führt, daß dieses auf der Nachbarspur fahrende Fahrzeug als Zielobjekt für die Abstandsregelung ausgewählt wird, bleibt das Beschleuni-

gungsanforderungssignal  $a_{\text{sol}}$  hiervon zunächst unbeeinflusst. Dieses Signal bleibt deshalb oberhalb des Wertes  $a_{\text{min}}$ , wie durch die in durchgezogenen Linien eingezeichnete Kurve 32 in Fig. 3 illustriert wird. Dennoch wird das Flag F gesetzt, wenn die Kollisionsgefahr P zum Zeitpunkt  $t_1$  den Schwellenwert überschreitet. Anders als bei dem in Fig. 2 betrachteten Fall bleibt das Flag F hier ohne zeitliche Beschränkung bestehen, bis die Kollisionsgefahr P zum Zeitpunkt  $t_3$  wieder unter den Schwellenwert P1 absinkt, beispielsweise weil das auf der Nebenspur fahrende Fahrzeug wieder auf die Mitte dieser Spur zurückgekehrt ist.

[0041] Weiterhin wird in der Zeitspanne zwischen  $t_1$  und  $t_3$  die Auslöseschwelle für den Stellbefehl B von  $a_{\text{hys}}$  auf  $a_{\text{min}}$  erhöht, so daß bei der Umschaltung zwischen Motorbetrieb und Bremsbetrieb keine Hysterese mehr stattfindet. Da das Beschleunigungsanforderungssignal  $a_{\text{sol}}$  jedoch oberhalb von  $a_{\text{min}}$  bleibt, hat auch dies keinen Einfluß auf die Fahrzeuggeschwindigkeit. Allenfalls könnte es durch das Vorspannen der Bremsanlage, die durch das Flag F veranlaßt wurde, zu einem geringfügigen Schleifen der Bremsbeläge an den Bremsstromeln oder Bremsscheiben kommen. Der dadurch verursachte Verzögerungseffekt ist jedoch vernachlässigbar. Insgesamt verharrt somit das Fahrzeug in der Zeitspanne zwischen  $t_1$  und  $t_3$  in einem Zustand, in dem noch keine wirkliche Verzögerung des Fahrzeugs stattfindet, sondern nur die Bremsbereitschaft erhöht ist.

[0042] Falls das auf der Nebenspur fahrende Fahrzeug nicht auf die Mitte dieser Nebenspur zurückkehrt, sondern tatsächlich auf die eigene Spur wechselt, so wird es vom Regler 12 als Zielobjekt ausgewählt, und es erfolgt nunmehr eine Abstandsregelung auf dieses Fahrzeug. Dies führt zu einer deutlichen Abnahme des Beschleunigungsanforderungssignals  $a_{\text{sol}}$  entsprechend der gestrichelt eingezeichneten Kurve 32' in Fig. 3.

[0043] Falls es durch den Spurwechsel des vorausfahrenden Fahrzeugs zu einer akuten Gefahrensituation kommt, so überschreitet die Kollisionswahrscheinlichkeit P auch den höheren Schwellenwert P2. Der Regler 12 reagiert auf diese Situation damit, daß die Beschränkung der Änderungsrate des Beschleunigungsanforderungssignals ausgesetzt wird. Das Beschleunigungsanforderungssignal  $a_{\text{sol}}$  kann deshalb sehr rasch abnehmen, mit einer Änderungsrate, die dem Betrage nach größer ist als die Schranke von  $1 \text{ m/s}^3$ . Aufgrund dieses Umstands und aufgrund der Anhebung der Auslöseschwelle von  $a_{\text{hys}}$  auf  $a_{\text{min}}$  wird schon nach sehr kurzer Zeit, zum Zeitpunkt  $t_2$ , der Stellbefehl B zum Aktivieren der Bremse ausgegeben. Da die Bremsanlage schon vorab zum Zeitpunkt  $t_1$  vorgespannt wurde, wird die Bremse unverzüglich wirksam, so daß die Kollision abgewendet werden kann.

[0044] Bei noch höherer Kollisionswahrscheinlichkeit kann ein Befehl zur Betätigung der Bremse mit maximaler Bremskraft auch direkt von der Entscheidungseinheit 18 erzeugt werden, ohne Rücksicht auf das vom Regler gelieferte Beschleunigungsanforderungssignal. Auch in diesem Fall führt das vorbereitende Setzen des Flags F zu einer unverzüglichen Ausführung des Bremsbefehls. Ebenso wirkt sich das automatische Vorspannen der Bremsanlage auch positiv aus, wenn der Fahrer selbst die akute Kollisionsgefahr bemerkt und das Bremspedal betätigt.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Kollisionsverhinderung bei Kraftfahrzeugen (10), bei dem vor dem Fahrzeug befindliche Hindernisse mit einem fahrzeugeigenen Ortungssystem (16) erfaßt werden, aus den Ortungsdaten (D) eine Kollisionswahrscheinlichkeit (P) berechnet wird

und in Abhängigkeit von der Kollisionswahrscheinlichkeit (P) eine oder mehrere abgestufte Reaktionen zur Vermeidung der Kollision ausgelöst werden, **dadurch gekennzeichnet**, daß mindestens eine der Reaktionen eine vorbereitende Maßnahme ist, die die Umsetzung eines eventuell später ausgegebenen Befehls (B) zur Verzögerung des Fahrzeugs beschleunigt, ohne selbst eine wesentliche fahrzeugverzögernde Wirkung zu haben.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine der vorbereitenden Maßnahmen die Ausgabe eines Befehls (F) zum Vorspannen der Bremsanlage (24, 26) des Fahrzeugs ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß bei nicht vorhandener oder geringer Kollisionswahrscheinlichkeit im Rahmen einer Geschwindigkeitsregelfunktion mit einer Hysteresecharakteristik zwischen Eingriff in das Antriebssystem (20, 22) und Eingriff in das Bremssystem (24, 26) des Fahrzeugs umgeschaltet wird und daß eine der vorbereitenden Maßnahmen bei zunehmender Kollisionswahrscheinlichkeit eine Verringerung des Hystereseeintervalls ist.

4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, für Kraftfahrzeuge (10) mit Automatikgetriebe, dadurch gekennzeichnet, daß eine der vorbereitenden Maßnahmen ein Getriebeeingriff zur Herabsetzung der Getriebestufe ist.

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---

30

35

40

45

50

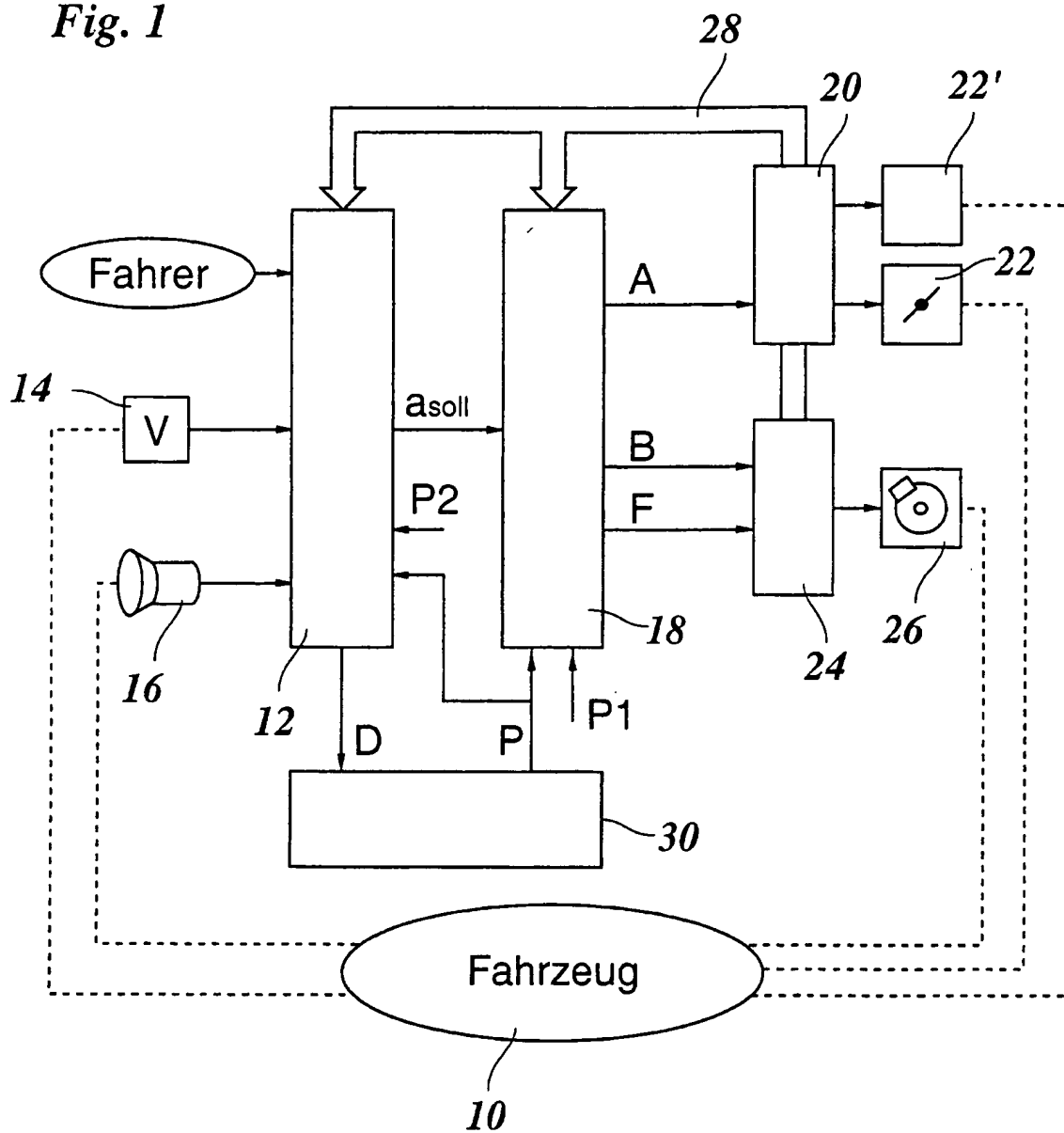
55

60

65

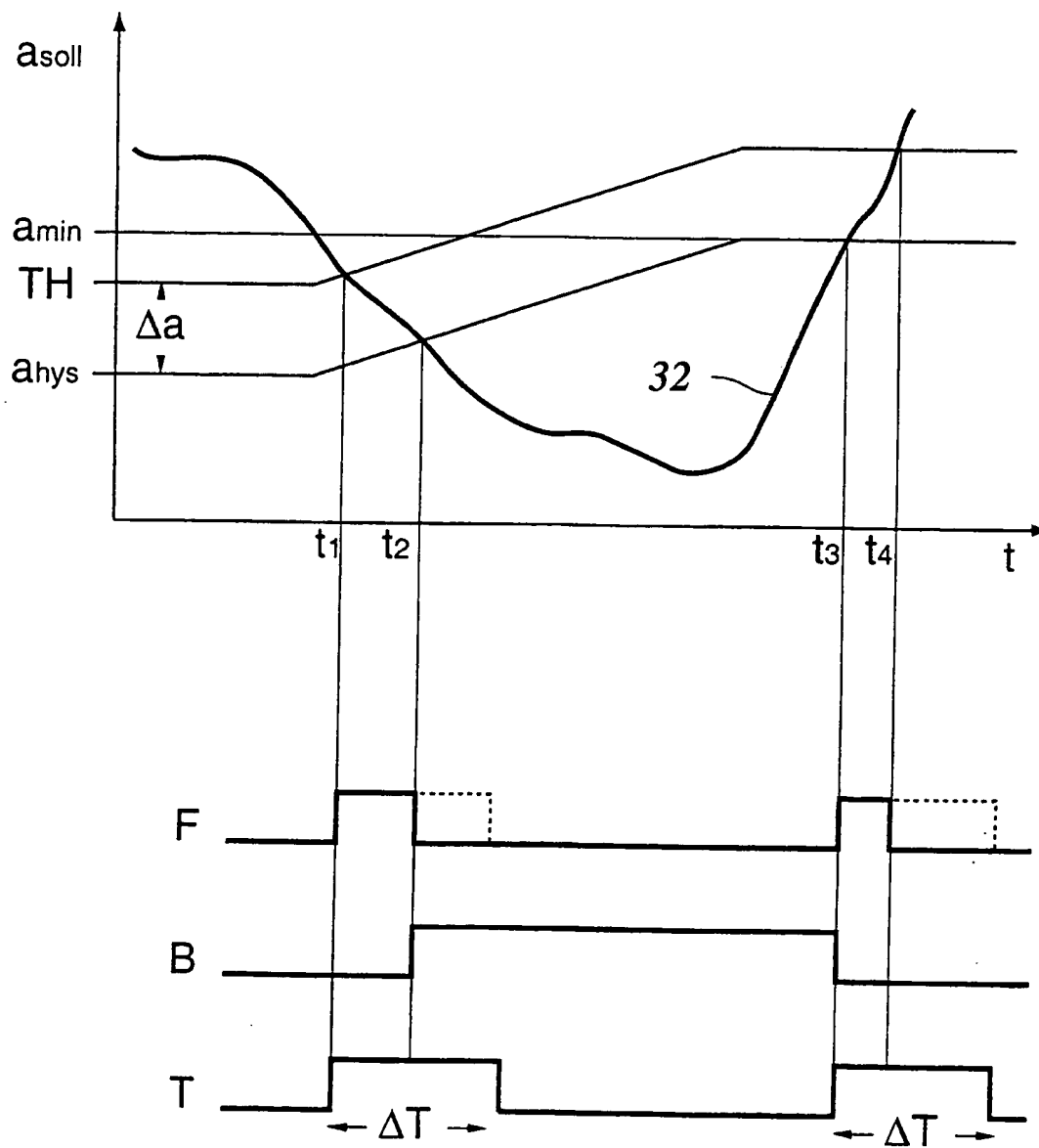
- Leerseite -

*Fig. 1*





*Fig. 2*



*Fig. 3*

